

4. Толкунов И. А. Теоретическое исследование процессов переноса аэроионов в потоках воздуха в помещениях специального назначения МЧС Украины / И. А. Толкунов, И. И. Попов, В. В. Барбашин // Проблемы надзвичайних ситуацій. – 2010. – Випуск 11. – С.137-145.
5. Беляев Н. Н. Защита зданий от проникновения в них опасных веществ: Монография / Н. Н. Беляев, Е. Ю. Гунько, Н. В. Росточило. – Д.: «Акцент ПП», 2014. – 136 с.

*Рекомендовано до публікації д.т.н. Зберовським О.В.
Надійшла до редакції 21.01.2015*

УДК 622.271.3

© А.М. Гайдін, Б.Ю. Собко, О.М. Лазніков

ВПЛИВ РОЗРОБКИ МОТРОНІВСЬКОЇ ДІЛЯНКИ МАЛИШЕВСЬКОГО РОДОВИЩА НА ДОВКІЛЛЯ ТА ШЛЯХИ ЗМЕНШЕННЯ НЕГАТИВНИХ НАСЛІДКІВ

В статті розглядаються природні умови Мотронівсько-Аннівської ділянки Малишевського титан-цирконієвого родовища та їх зміни під впливом експлуатації родовища відкритим способом.

В статье рассматриваются естественные условия Мотронівсько-Аннівської участка Малишевського титан-цирконієвого месторождения и их изменения под воздействием эксплуатации месторождения открытым способом.

In the article the natural terms of Motronovsko-Annovskogo of area Malyshevskogo of titan-zircon deposit and their change are examined under act of exploitation of deposit by an open method.

Вступ. З 2013 року розпочато освоєння Мотронівсько-Аннівської ділянки Малишевського титан-цирконієвого родовища, розташованого Дніпропетровської області. Умови відпрацьовування вказаної ділянки суттєво відрізняються, оскільки рудний поклад знаходиться нижче рівня підземних вод. Вказані особливості потребують ретельної оцінки впливу гірничих робіт на довкілля та розробки заходів із зменшення негативних наслідків діяльності кар'єру.

Мета статті – обґрунтування технічних рішень, спрямованих на зменшення негативного впливу гірничих робіт на довкілля. Для досягнення вказаної мети розглянуті наступні питання: 1) зміни рельєфу й умов поверхневого та підземного стоку; 2) зміни геологічної будови гірського масиву й фільтраційних властивостей геологічних тіл; 3) способи осушення кар'єрних виїмок, зміни рівнів і напорів води в зоні депресії; 4) оцінка впливу техногенних водойм і хвостосховищ на утворення нових зон живлення; 5) вплив розчинення й вилуговування розчинних компонентів із відходів збагачення у хвостосховищах і відвалів.

Методи досліджень. Для вирішення проблем, пов'язаних із особливими гідрогеологічними умовами родовища, паралельно з розкривними роботами проведено польові й камеральні дослідження, у тому числі: 1) гідрогеологічні спостереження в період розкриття рудного шару; 2) створення цифрової гідрогеологічної моделі й моделювання змін гідрогеологічної ситуації на різних

етапах експлуатації ділянки; 3) аналіз проектних рішень з точки зору впливу діяльності рудника на довкілля прилеглого району.

Гідрогеологічні умови. На території родовища поширені: 1) безнапірний водоносний горизонт у легких лесовидних суглинках четвертинного віку і 2) безнапірний водоносний горизонт у неогенових відкладах - рудних пісках і підстилаючих відкладах.

У першому від поверхні водоносному горизонті рівень води залягає на глибинах від 2,5 до 12 м, поверхня зони насичення повторює рельєф. Потужність зони насичення від 0.4 до 10-11 м, найчастіше 2-5 м. Вода має мінералізацію від 1 до 3 г/л, її використовують для місцевого водопостачання. В результаті вирішення зворотної задачі шляхом моделювання встановлено, що коефіцієнт фільтрації суглинків в середньому дорівнює 0,07 м/добу. Живлення водоносного горизонту забезпечується атмосферними опадами в періоди, коли опади переважають над випаровуванням. За результатами моделювання річна норма інфільтрації становить 10 мм.

Підстилаючим водотривом служать важкі суглинки, глини четвертинного віку та верхнього сармату. У балках глини розмиті, що обумовлює стік ґрунтових вод до тальвегів балок, де вони живлять води в алювіально-делювіальних утвореннях, а через них з'єднуються з водоносним комплексом у пластах, що залягають нижче.

Водоносний комплекс у неогенових відкладах складається з нижньої частини шару пісків сарматського ярусу, пісків полтавської серії й, можливо, з піщано-глинистих відкладів харківського ярусу. Рівень води знаходиться на відмітках 100-110 м, тобто на 1-11 м вище покрівлі рудного шару, тобто обводнена нижня частина пісків сарматського ярусу. В місці розташування першочергового зумпфу (котловану) потужність обводненої зони становить 6,5 м.

На більшій частині площі майбутнього кар'єру інфільтраційне живлення неогенового водоносного комплексу відсутнє, що вказує на мізерність динамічних запасів підземних вод. Потік підземних вод спрямований на північний схід. Тільки у східній частині площі майбутнього кар'єру в днищах балок глина розмита. Тут здійснюється живлення неогенового водоносного комплексу шляхом перетікання із четвертинного водоносного горизонту, а також за рахунок безпосередньої інфільтрації атмосферних опадів і інфлюації поверхневого стоку. Важливу роль у живленні палеогенового водоносного комплексу відіграють розташовані у верхів'ях балок стави. Розвантаження підземних вод здійснюється у вигляді підземних потоків, які вниз за течією виходять на поверхню, утворюючи витік річки.

Хімічний склад води різний – від прісної гідрокарбонатно-кальцієвої до гідрокарбонатно-сульфатної натрієво-кальцієвої. Мінералізація досягає 1270 мг/л, вміст сульфат-іона 339 мг/л. Підвищений вміст сульфат-іонів свідчить про процес випарної концентрації солей у воді. У котловані першочергового кар'єру вміст солей становить 800 мг/л.

Для визначення фільтраційних властивостей пісків полтавського й сарматського ярусів проведено дві кушові відкачки. Розрахована водопровідність становить 70 м/добу. Аналіз гранулометричного складу сарматських і полтавських пісків показав,

що вказаний параметр характеризує обводнену частину піску сарматського горизонту, коефіцієнт фільтрації якого становить 12,7 м/добу. Це підтверджено лабораторними вимірами коефіцієнту фільтрації способом Г.Н. Каменського, що оснований на використанні нестационарного режиму фільтрації.

Обчислення з застосуванням цифрової моделі дозволили встановити наступні коефіцієнти фільтрації: сарматський водоносний горизонт 1,4 м/добу по всій площі, 12,7 м/добу там, де розмиті водотривкі відклади. Водоносний горизонт у полтавських відкладах характеризується коефіцієнтом фільтрації 0,0034 м/добу. Коефіцієнт водовіддачі пісків сарматського ярусу становить 0,07-0,1. Водовіддача полтавських відкладень наближається до нуля, в них відсутня гравітаційна вода. За результатами промислових спостережень приплив води із сарматських відкладень оцінюється максимально до 150 м³/годину. За результатами моделювання величина водопритоку в кар'єр залежить від наявності тимчасових водойм, які служать джерелами живлення.

Відклади харківського ярусу в районі Мотронівсько-Аннівського кар'єру представлені глауконітовими пісками з великим вмістом глин. За даними звіту «Центрукргеології» вони мають тверду консистенцію. Тому ймовірно вони є водотривкими.

Проектні схеми осушення кар'єру. У проектах розглянуті різні системи осушення кар'єру, в тому числі, з використанням водопонижуючих свердловин. У затвердженому проекті рекомендований відкритий спосіб водовідведення, що включає водозбірні канали, зумпфи, насосні станції й відстійник.

Методом моделювання визначені прогнознi притоки води в кар'єр на перші 4 етапи розробки родовища при умовах наповнених і випорожнених тимчасових водоймах. Отримані наступні результати (табл.1).

Таблиця 1

Прогноз припливу підземних вод у кар'єр

Етап	Притік підземних вод, м ³ /добу	
	При заповнених водоймах	При спорожнених водоймах
1	360	124
2	620	350
3	2492	238
4	2751	142

Встановлено, що заповнення водою тимчасових водойм у верхів'ях балок призводить до обмеження розповсюдження депресії рівнів води у неоген-палеогеновому водоносному комплексі. Депресія рівнів у четвертинному водоносному горизонті дуже мала, оскільки суглинки характеризуються низькою проникливістю. Виміри притоку в кар'єр підтвердили правильність наших прогнозів. Однак попередньо запропоновані у проектах системи осушення потребують перегляду з врахуванням уточнених гідрогеологічних параметрів і спостережень при відкачці води з першочергового кар'єру. Пливунні властивості пісків виключають можливість проїзду технологічного автомобільного транспорту по дну кар'єра.

Впливи відкритої розробки родовища на довкілля. За результатами досліджень встановлено наступні зміни гідрогеологічних умов території гірничого відводу і прилягаючого району: 1) зміни умов поверхневого й підземного стоку через трансформацію рельєфу; 2) зміни фільтраційних властивостей геологічних тіл і

гідрогеологічної будови гірського масиву; 3) зниження рівнів і напорів води в зоні депресії при осушенні кар'єрних виїмок; 4) утворення нових зон живлення підземних вод внаслідок будівництва техногенних водойм і хвостосховищ, а також водойм у залишкових виробках; 5) підвищення мінералізації підземних вод у результаті розчинення й вилуговування розчинних компонентів з відвалів; 6) засолення ґрунтових вод внаслідок низької проникності відвальних порід і утворення безстічних западин.

Зміни рельєфу полягають у тому, що замість розчленованої балками рівнини формуються зовнішні й внутрішні відвали із плоскою горизонтальною поверхнею. Зовнішні відвали розміщуються в балках. Висота відвалу в тальвегу балки буде досягати 60 м. У результаті діяльності рудника ліквідуються ставки, розташовані у верхів'ях балок, які використовуються місцевим населенням для водопою худоби й для відпочинку. Сформований техногенний рельєф буде нерівноважним і зазнаватиме змін у результаті проявів геодинамічних процесів: ущільнення відвалів під власною вагою, схилових деформацій. Через неоднорідність будови відвалів їхня спочатку сформована плоска поверхня буде осідати нерівномірно. У результаті утворюються безстічні западини, у яких після сніготанення й злив буде накопичуватися вода. Це призведе до підтоплення посівів і засолення ґрунту. На крутих схилах відвалів будуть розвиватися водна й вітрова ерозія. Особливо інтенсивно вітрова ерозія (дефляція) проявляється на хвостосховищах. Частина поверхні хвостосховища вище рівня води стає джерелом пилових викидів.

Зміни геологічної будови (рис.1) полягають у тому, що верхня половина пісків полтавської серії вилучається з площі відробленої ділянки. Після вилучення корисних мінералів хвостосховища складаються з хвостосховища. На поверхню безрудних полтавських пісків замість рудного піску в основу внутрішнього відвалу укладається більш грубозернистий пісок сарматського ярусу. Вище формується масив з суміші глини і суглинків.

Зміна умов поверхневого стоку. Для попередження підтоплення кар'єру дощовими та талими водами проектом передбачено організацію тимчасових акумулюючих ємкостей дощових вод з влаштуванням насосних установок водовідливу. Оскільки акумулюючі ємкості розміщені на бортах кар'єру, градієнт фільтрації досягає критичних величин, за якими можлива суфозія та фільтраційний випір.

Зміна умов живлення підземних вод. Після спорудження відвалу живлення неогенового водоносного комплексу припиниться, як за рахунок безпосередньої інфільтрації, так і за рахунок перетікання води із четвертинного водоносного горизонту. Це може призвести до погіршення якості підземних вод на даній площі. Під внутрішніми відвалами - за умови дотримання проектних рішень про укладання в підніжжя відвалу сарматських пісків - буде формуватися техногенний водоносний горизонт, що складається з нижньої частини шару полтавських пісків і покладених на них пісків сармату. Створюється можливість покращити гідрогеологічні умови району.

Зміна гідрохімічних умов. На відвалах, де в глинистих відкладах є включення гіпсу, можуть мати місце процеси розчинення й вилуговування розчинних компонентів, зокрема гіпсу, розчинність якого становить близько 2 г/л. Це явище особливо інтенсивно буде проходити в початковий період, коли породи ще не злежалися, й гіпсові включення обмиваються інфільтраційними водами. У результаті утворюється вода з підвищеним вмістом кальцію й сульфат-йону.

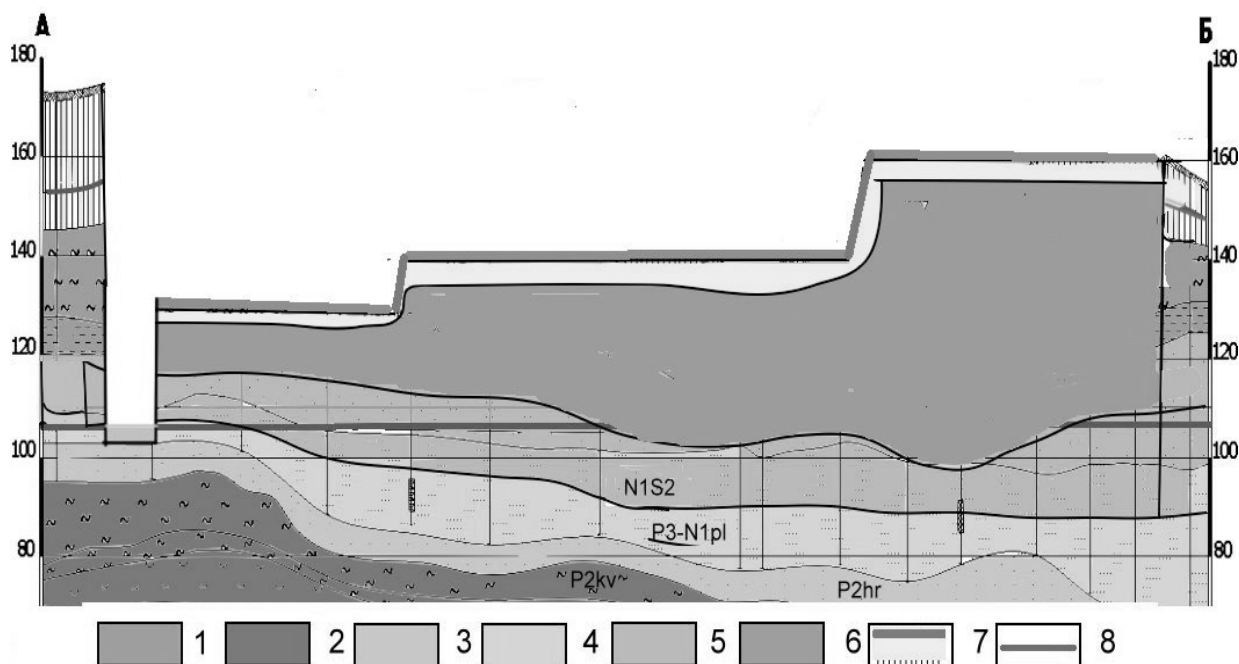
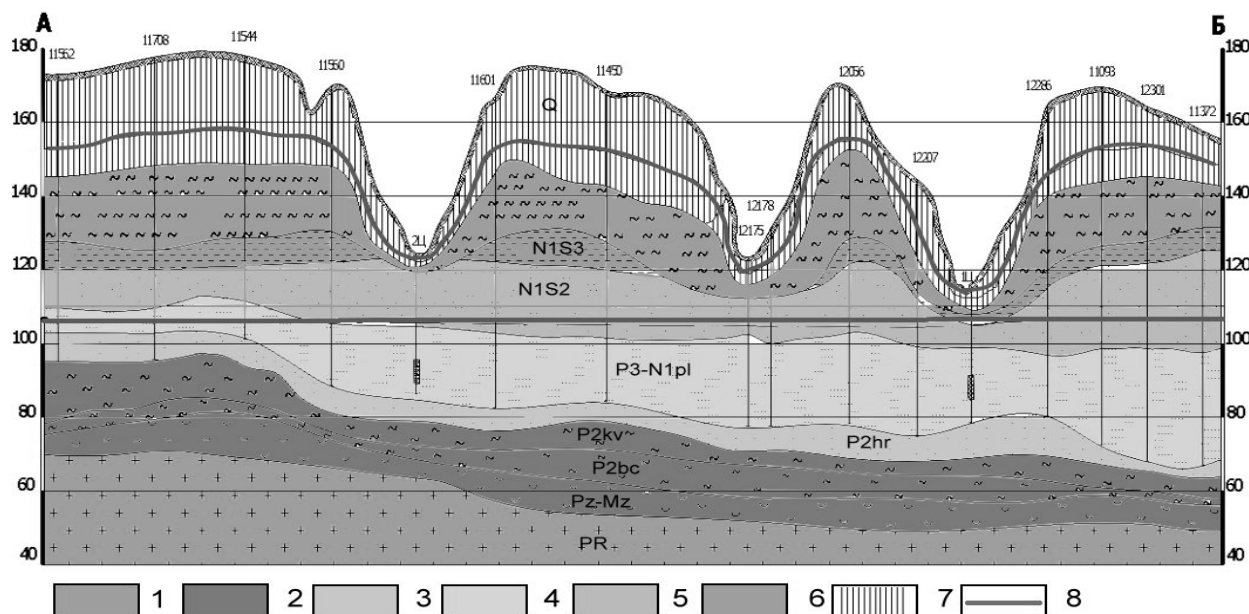


Рис. 1. Схематичні геологічні розрізи Мотронівсько-Аннівської ділянки до і після відпрацювання кар'єру. 1-породи кристалічного фундаменту, 2-відносно водотривкі породи кори вивітрювання, бучацького і київського ярусів, 3-піски харківського ярусу, 4-піски полтавської серії, 5-піски сарматського ярусу, 6-водотривкі глини, 7-суглинки лесовидні і родючий шар, 8-рівень підземних вод.

В цілому вплив кар'єру й хвостосховища на гідрогеологічні умови прилеглого району відносно незначний, тому що низькі фільтраційні властивості водовміщуючих порід, поряд зі створенням тимчасових і постійних водойм, обумовлюють малий радіус впливу системи осушення. З екологічної точки зору

перераховані зміни носять негативний характер, однак їх вплив відносно не великий і не досягає рівня надзвичайних ситуацій.

На основі проведених досліджень даються рекомендації щодо зменшення негативного впливу експлуатації родовища на гідрогеологічні умови прилеглого району. Рекомендовані наступні заходи (табл.2).

Таблиця 2

Зміни гідрогеологічних умов і заходи з мінімізації негативного впливу на довкілля

Зміни гідрогеологічних умов	Заходи з мінімізації негативного впливу
Зміни умов поверхневого й підземного стоку через трансформацію рельєфу	Створення умов для поверхневого стоку при оптимізації техногенного рельєфу
Зміни фільтраційних властивостей геологічних тіл і гідрогеологічної будови гірського масиву	Формування техногенного водоносного горизонту в основі внутрішніх відвалів
Зниження рівнів і напорів води в зоні депресії при осушенні кар'єрних виїмок	Будівництво тимчасових водойм і створення озер у залишкових виїмках
Підвищення мінералізації підземних вод у результаті розчинення й вилуговування розчинних компонентів з відвалів,	Укладання засолених порід сармату під суглинки. Організація джерел живлення підземних вод
Засолення ґрунтових вод внаслідок низької проникності відвальних порід і утворення безстічних западин	Проведення рекультивації. Створення дренажного шару в основі чорнозему при рекультивації

Враховуючі складність гідрогеологічних і інженерно-геологічних умов відпрацювання обводнених покладів титано-цирконієвої руди, необхідно здійснювати постійний моніторинг, уточнювати прогнози і проводити запобіжні заходи паралельно з фактичним розвитком гірничих робіт.

Перераховані зміни відбуваються в період експлуатації родовища протягом щонайменше 60 років і носять динамічний характер. У цих умовах необхідно прагнути до того, щоб негативний вплив гірничозбагачувального комбінату на екологію району був мінімальним в усі періоди відпрацьовування родовища, починаючи від підготовчих робіт і закінчуючи відновленням ландшафту. Необхідно паралельно з видобутком корисних копалин формувати техногенний ландшафт, який за своїми властивостями повинен бути не гіршим від природного. Рекультивацію порушених гірничими роботами земель необхідно проводити паралельно з гірничими роботами.

Висновки. Радикальне зменшення впливу відпрацьовування родовища на гідрогеологічні умови й поліпшення технологічних показників видобутку досягається при використанні підводного способу видобутку за допомогою земснарядів [1, 2, 3]. Вказаний спосіб має наступні переваги:

1. Відпадає необхідність осушення кар'єру шляхом спорудження водопонижуючих свердловин. Відповідно до розробленого банківського ТЕО, витрати на осушення свердловинами становлять 10,5 млн. євро.

2. Виключається необхідність екскавації рудного піску, будівництва внутрішньокар'єрної дороги, перевезення руди до вузла «розпульповки». Замість екскаваторів і самоскидів застосовуються земснаряди, собівартість яких на порядок менша.

3. Зменшуються витрати електроенергії на перекачування рудної пульпи від ділянки розпульповки до збагачувальної фабрики. За попередніми підрахунками, при звичайній схемі ці витрати досягають 130 тисяч кВт-годин у добу. При розміщенні збагачувальної фабрики на понтонах витрати, за попередніми розрахунками, можуть бути менше в 10 разів.

4. Зменшується площа земель, що вилучається під хвостосховище, тому що піщані хвости складують у виробленому просторі, а у хвостосховище - тільки глиниста фракція. Замість 450 га потрібно не більше 70 га.

Список літератури

1. Лазников А. М., Собко Б. Е. Краснопер В. П. К вопросу выбора рациональных землесберегающих технологических схем разработки россыпных титано-циркониевых руд. //Сб. научн. трудов НГУ.- 2010.- №35.- том.1 - С. 39-44.2010, №35
2. Лазников А.М., Собко Б.Е. Гайдин А.М. Рациональная технология разработки обводнённых россыпей. Сб. научных трудов Академии горных наук Украины. – Кривой Рог: «Дионис» -2012, с.130-137.
3. Гайдин А.М. Технология разработки обводненных россыпных месторождений титана. Рудник будущего, Форум гірників-2014: міжнар. конф., 02 жовтня – 05 жовтня 2014 р.: тези доп.- Дніпропетровськ: РІК НГУ.- 2014.- С.48-53.

*Рекомендовано до публікації д.т.н. Симоненко В.І.
Надійшла до редакції 15.01.2015*